

Pemodelan Jaringan Sensor untuk Mengukur keadaan Lingkungan di PENS ITS

Yenni Aniati, Tri Budi Santoso, Taufiqurrahman

¹Laboratorium *Digital signal Processing*, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

²Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Kampus ITS, Surabaya 60111

e-mail : yenni06@student.edu e-mail : tribudi@eepis-its.edu, taufiq@eepis-its.edu

Abstrak--Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi semakin meningkat terutama di bidang elektronika. Salah satunya dengan banyaknya ditemukan berbagai macam jenis sensor. Misalnya sensor kebakaran, air, suhu, kelembapan, dan asap. Berbagai jenis sensor ini bermanfaat untuk mendeteksi keadaan lingkungan. Untuk itu perlu dikembangkan sistem yang bersifat integral, *real time* dan otomatis. Sistem ini merupakan integrasi antar sensor, sistem pengambilan keputusan, dan sistem informasi online.

Pada paper ini telah dilakukan pengukuran data yang didapat dari sistem integrasi sensor dikirim ke master node melalui *wireless* menggunakan X-Bee Pro. Sehingga dapat diketahui jarak jangkauan maksimum suatu *sensor node* mampu mengirim data ke *master node* di area PENS ITS. Dari hasil pengolahan data didapatkan *coverage area* sistem jaringan sensor yang optimal menggunakan metode simulasi Algoritma Genetika. Berdasarkan pemodelan jaringan sensor di lantai 1 gedung baru PENS ITS menggunakan Algoritma Genetika diperoleh *coverage area* sebesar 99,62%.

Dengan adanya pemodelan tata letak sistem jaringan sensor ini didapatkan daerah – daerah efektif untuk pemasangan sensor node sehingga daya terima sinyal bisa optimal untuk pendeteksi suhu, kelembapan dan CO2.

Kata kunci : *wireless sensor network*, Algoritma Genetika

1. PENDAHULUAN

Fungsi utama dari aplikasi *wireless sensor network* adalah untuk mengambil data informasi hasil sensor dan mempropagasikannya ke suatu *collector point*. Data yang ditransmisikan pada sensor network adalah data yang didapatkan dari hasil sampling, seperti nilai temperature. Ukuran data ini relative kecil dan memerlukan bandwidth frekuensi radio yang kecil pula dalam proses transmisinya.

Sistem jaringan sensor terintegrasi yang berfungsi sebagai sistem peringatan dini yang dapat mengambil data di sekitar di daerah yang di pantau yang berbentuk *fixed* (tetap pada daerah yang di pantau) sehingga di dapatkan data yang lebih akurat karena mempunyai

tingkat resolusi yang lebih baik dan dapat mengirimkan informasi secara terus menerus[1].

Persoalan utama dari *wireless sensor network* adalah adanya keterbatasan energi dalam jaringan node[2]. Sehingga penggunaan energi dengan teknik yang aman adalah menempatkan node-node tersebut dalam keadaan *sleep mode*.

Oleh karena itu perlu dibuat pemodelan dengan menggunakan metode Algoritma Genetika sebagai optimasi tata letak sensor node pada suatu *sensor field* yaitu PENS ITS.

Algoritma genetika merupakan suatu metode yang digunakan untuk mencari solusi yang optimal berbasis prinsip *evolusi* dan menjadi bagian dari kecerdasan buatan. Algoritma genetika berkerja didasarkan pada proses genetika yang ada pada makhluk hidup, yaitu perkembangan generasi dalam sebuah populasi yang alami, secara lambat laun mengikuti proses seleksi alam “Siapa yang kuat yang akan bertahan” [3].

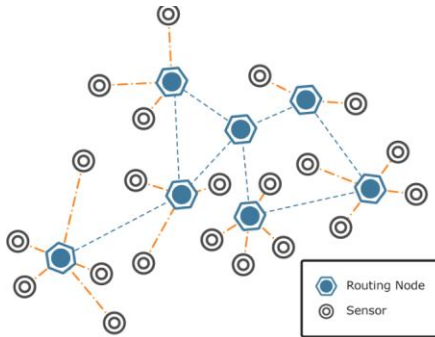
Pada proyek akhir ini Algoritma Genetika digunakan sebagai metode pemodelan jaringan sensor di PENS ITS. Dari hasil pengukuran diperoleh jarak maksimum dari sebuah *sensor node* dalam mengirim data ke *master node*. Jarak inilah yang akan menjadi nilai masukan dalam pemodelan dengan metode Algoritma Genetika.

2. TEORI PENUNJANG

2.1 Wireless sensor network

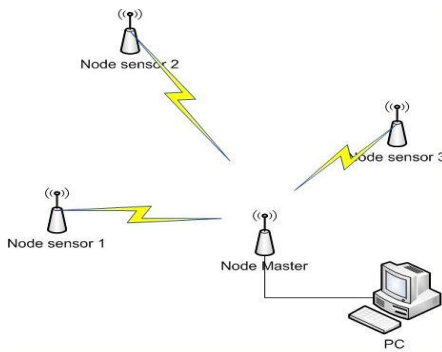
Wireless sensor network (jaringan sensor nirkabel) terbentuk dari kumpulan titik-titik sensor yang sangat banyak dan tersebar tidak beraturan dalam suatu area yang disebut *sensor field*. Tiap node sensor memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data dan berkomunikasi dengan node sensor lainnya. Peletakan titik-titik node sensor tidak perlu direkayasa sedemikian rupa atau ditetapkan sebelumnya (*fixed*). Hal ini untuk menampilkan kondisi titik-titik yang tersebar secara acak sampai pada suatu daerah yang tidak dapat diakses atau dalam keadaan bencana. Di sisi lain, itu berarti protokol dan algoritma *sensor network* harus menampilkan suatu kemampuan *self-organizing*. Ciri

unik lain dari *sensor network* adalah kerjasama antar titik-titik sensor (*sensor nodes*) yang dilengkapi dengan prosesor *on-board*. Disamping mengirim data mentah untuk diolah, *sensor node* juga menggunakan kemampuan prosesor untuk menangani penghitungan-penghitungan yang mudah dan mengirim hanya data yang dibutuhkan dan sebagian data yang sudah berhasil diproses



Gambar 1. *Wireless sensor Network*

Komponen-komponen yang digunakan sebagai node pada mobile sensor network ini dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu: *Sensor nodes (Mobile Node)*, *Target node* (keadaan lingkungan) dan *Sink nodes (Data Collector)*.



Gambar 2. Skema *wireless sensor network*

Target node bertugas menghasilkan sinyal stimulasi, lalu setelah mendeteksi sinyal stimulasi yang dihasilkan oleh *target node* maka *sensor node* akan langsung menemukan data terkini yang didapat dari hasil sensing menuju ke *sink node*.

2.2 Topologi wireless sensor network

Ada beberapa topologi jaringan untuk mengkoordinasikan wireless sensor network, diantaranya adalah sebagai berikut[4]:

a. Topologi star

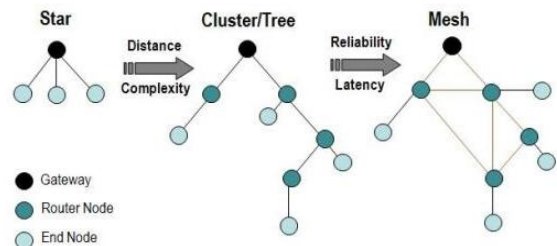
Topologi ini merupakan topologi paling dasar, dimana setiap node mempertahankan satu jalur komunikasi langsung dengan *gateway*. Topologi ini sederhana, namun membatasi jarak keseluruhan yang dapat dicapai.

b. Topologi Cluster/Tree

Arsitektur topologi cluster lebih kompleks dibandingkan dengan topologi star. Setiap node masih mempertahankan satu jalur komunikasi untuk *gateway*, perbedaannya menggunakan node-node lain dalam mengirimkan data, namun masih dalam satu jalur tersebut. Kelemahan untuk topologi ini adalah jika node router turun, maka semua node yang bergantung pada node router akan kehilangan komunikasi ke *gateway*.

c. Topologi mesh

Topologi ini merupakan solusi dari topologi-topologi sebelumnya, dengan menggunakan jalur komunikasi yang lebih banyak untuk meningkatkan kehandalan sistem. Dalam sebuah jaringan mesh, node mempertahankan jalur komunikasi untuk kembali ke *gateway*, sehingga jika salah satu node router turun, secara otomatis router data akan dilewatkan melalui jalur yang berbeda. Kelemahan pada topologi ini adalah adanya latensi/ delay, karena data harus melalui beberapa hop sebelum mencapai *gateway*.



Gambar 3. Topologi jaringan WSN

2.3 Sistem transmisi data

Sistem transmisi data dari integrated sensor ini menggunakan wireless dan devicenya adalah X-Bee pro. X-Bee Pro OEM RF merupakan modul wireless dengan standart IEEE 802.15.4 yang berdaya rendah. Modul X-Bee Pro menyediakan kemampuan untuk proses pengiriman data antar dua device yang beroperasi pada frekuensi band 2,4 GHz[5].



Gambar 4. X-Bee Pro

Algoritma Genetika

Algoritma genetika adalah algoritma yang dikembangkan dari proses pencarian solusi optimasi pencarian acak, ini terlihat pada proses pembangkitan populasi awal yang menyatakan sekumpulan solusi yang dipilih secara acak. Algoritma ini memanfaatkan proses seleksi alamiah yang dikenal sebagai proses evolusi[6].

Struktur umum algoritma genetika dapat diselesaikan dengan langkah – langkah sebagai berikut [7]:

a. Individu

Individu merupakan sekumpulan gen, dalam sistem algoritma genetika disebut dengan kromosom.

b. Membangkitkan populasi awal

Populasi ini terdiri dari sejumlah kromosom yang merepresentasikan solusi yang diinginkan. Populasi awal dibangkitkan secara random sehingga didapatkan solusi.

c. Evaluasi kebugaran (*fitness*)

Sebelum algoritma ini dijalankan, masalah apa yang ingin dioptimalkan itu harus dinyatakan dalam fungsi tujuan, yang disebut dengan fungsi *fitness*. Jika nilai *fitness* semakin besar maka sistem yang dihasilkan semakin baik.

d. *Offspring*

merupakan kromosom baru yang dihasilkan setelah melalui proses-proses di atas. Kemudian pada *offspring* tersebut dihitung *fitness*nya apakah sudah optimal atau belum, jika sudah optimal berarti *offspring* tersebut merupakan solusi optimal, tetapi jika belum optimal maka akan diseleksi kembali, begitu seterusnya sampai terpenuhi kriteria berhenti. Beberapa kriteria berhenti yang sering digunakan antara lain :

1. Berhenti pada generasi tertentu
2. Berhenti setelah dalam beberapa generasi berturut-turut didapatkan nilai *fitness* tertinggi tidak berubah
3. Berhenti bila dalam *n* generasi berikut tidak didapatkan nilai *fitness* yang lebih tinggi

e. Proses mutasi

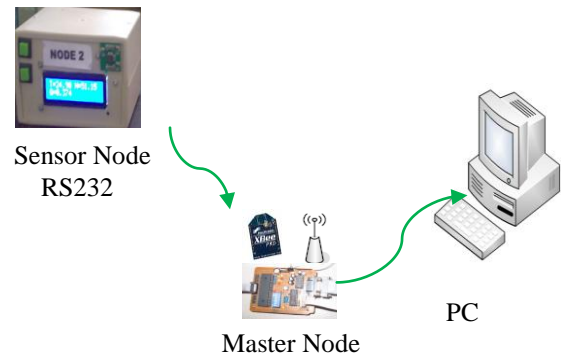
Proses mutasi gen merupakan operator yang menukar nilai gen dengan nilai inversnya. Misal, nilai gennya bernilai nol (0) menjadi 1. Setiap individu mengalami mutasi gen dengan probabilitas mutasi yang ditentukan.

3. PENGUKURAN dan PERANCANGAN SISTEM

3.1 Set Up Pengukuran

Set up pengukuran dilakukan seperti pada gambar 5. pengukuran dilakukan dengan menggunakan master node yang dihubungkan ke komputer atau laptop dengan menggunakan konektor RS232 (untuk komputer) dan konverter serial to USB (untuk laptop). Sedangkan untuk

sensor nodenya menggunakan baterai sebagai sumber daya, Karena node sensor ini berpindah – pindah.



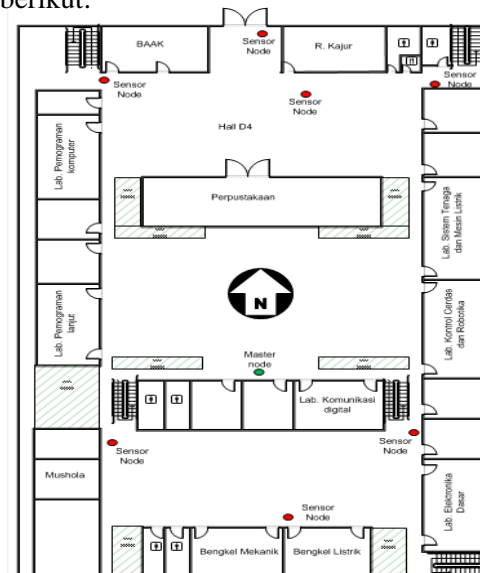
Gambar 5. Set up pengukuran

3.2 Parameter Pengukuran

- a. Master node sebagai penerima data (Rx)
- b. Sensor node sebagai pengirim data (Tx)
- c. X-Bee Pro bekerja pada frekuensi 2,4 GHz. Dengan frekuensi sekitar 2,410 GHz sampai 2,465 GHz dan kecepatan pengiriman data 250 Kbps.
- d. Atur komunikasi serial antara PC dengan master node menggunakan aplikasi hyperterminal dengan baudrate master 9600.
- e. Jarak antara master dan sensor node.
- f. Nyala led menandakan terjadinya *request to send* data.

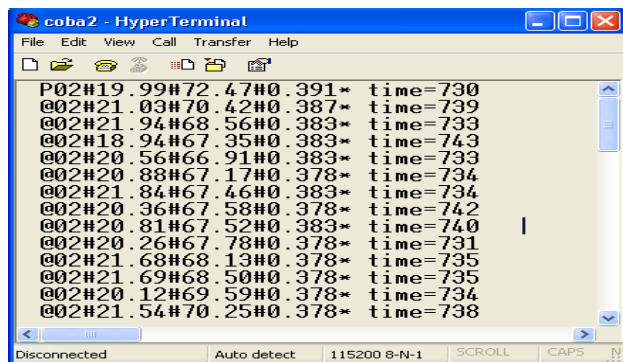
3.3 Data Hasil Pengukuran

Pada pengukuran di lapangan, diperoleh data-data sebagai berikut:



Gambar 6. Pengambilan sampel di lantai 1 gedung baru PENS ITS

berikut adalah hasil pengukuran data sensor yang dikirim ke master, kemudian ditampilkan pada PC menggunakan aplikasi hyperterminal.



Gambar 7. Pengiriman data sensor ke PC

3.3.1 Jarak maksimum pengiriman data sensor

Jarak maksimum ini didapatkan dari titik koordinat posisi *sensor node* terhadap *master node*,

- Lantai 1, gedung baru PENS ITS dengan posisi master berada di depan lab komunikasi digital (dapat dilihat pada Gambar 6). pengukuran dilakukan pada pukul 06.15 WIB sampai 07.00 WIB.

Tabel 1. Data Pengukuran lantai 1 gedung baru

koordinat Xn (m)	koordinat Yn (m)	Jarak pengukuran (m)
3	3	57.6751151
10	0	64.3590903
17	2	63.8621014
3	21	23.948288
16	21	27.18831
3	3	57.6751151

4. IMPLEMENTASI dan HASIL ANALISA

Pada bab ini akan dibahas mengenai implementasi sistem berdasarkan hasil data pengukuran. Kemudian dimodelkan dengan simulasi menggunakan metode Algoritma genetika. Hasil dari pemodelan dianalisa dan dibandingkan terhadap perencanaan awal serta teori-teori yang digunakan dalam proyek akhir ini. Hal ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana ketepatan eksekusi sistem yang telah dibuat sehingga tidak menutup kemungkinan mengetahui kelemahannya.

4.1 Pemodelan Sistem

Pemodelan sistem dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman *Visual Basic* versi 6.0. Pemodelan

dibuat dalam penataan ruang 2 dimensi, metode optimasi yang digunakan untuk pemodelan jaringan sensor di Gedung Baru PENS-ITS adalah dengan menggunakan metode Algoritma Genetika. Perhitungan parameter – parameter yang dicari untuk menentukan *coverage area* maksimum dari metode Algoritma genetika berdasarkan pada fungsi jarak dari hasil pengukuran di lapangan.

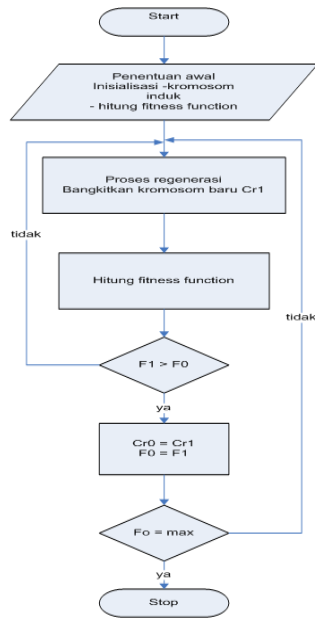
Langkah-langkah menentukan besarnya *coverage area* di lantai 1 gedung baru PENS ITS yang diamati sebagai berikut:

- Menentukan luas lantai 1 gedung baru PENS ITS sesuai dengan perbandingan skala pada peta dengan luas sebenarnya, skalanya adalah 1:3,57, itu berarti 1cm pada peta akan sama dengan 3,57 m pada keadaan sebenarnya. lantai 1 gedung baru PENS ITS memiliki luas 1899,24 m², sehingga diperoleh panjang lantai 1 sebesar 28 satuan dan lebarnya 19 satuan pada peta yang digunakan untuk simulasi.
- Menentukan perhitungan koordinat yang diawali dari bagian kiri atas lantai 1 bernilai (0,0). Selanjutnya pertambahan nilai koordinat sumbu X adalah ke kanan dan pertambahan nilai koordinat sumbu Y adalah ke bawah.
- Penentuan batas nilai range dari sinyal node sensor yaitu sebesar 13 – 15 m. Sehingga dalam simulasi akan menjadi 3,5 – 5 satuan pixel.
- Selanjutnya menandai daerah yang tercover oleh jaringan sensor yakni :
 - Titik-titik koordinat yang jaraknya dibawah range merupakan daerah yang tercover oleh node sesor yang ditandai dengan warna hijau
 - Titik-titik koordinat yang jaraknya diatas *range* merupakan daerah yang tidak tercover node sesor dengan warna merah. Daerah ini yang nantinya akan dioptimalkan agar seluruh area dapat tercover node sesor.
- Menghitung luas area yang telah ter-cover.

4.2 Pemodelan Sistem dengan Menggunakan Metode Algoritma Genetika

Dalam algoritma genetika setiap kali simulasi menghasilkan solusi yang berbeda – beda. Hal ini bisa dipahami karena semua komponen algoritma genetika berbasis pada fungsi random, sehingga menghasilkan solusi yang berbeda – beda pada setiap kali hasil *running*. Tetapi dengan memilih nilai – nilai parameter yang tepat, algoritma genetika bisa memberikan solusi yang optimal.

Dalam membuat pemodelan dengan metode Algoritma Genetika, acuan yang digunakan adalah *flowchart* algoritma Genetika sebagai berikut



Gambar 8. Flowchart Pemodelan Jaringan Sensor dengan Algoritma Genetika

4.2.1 Pembangkitan Populasi atau Inisialisasi

Proses ini dilakukan dengan membangkitkan populasi secara acak, dimana populasi tersebut berisi kromosom yang telah didefinisikan sebelumnya. Dalam proyek akhir ini panjang kromosom merupakan perkalian antara jumlah *variable* (dalam hal ini adalah banyaknya satuan pixel pada lantai 1 yang mewakili panjang dan lebar ruangan dan direpresentasikan dalam koordinat). Sedangkan perpindahan *node sensor* hanya boleh dilakukan di luar ruangan

4.2.2 Fungsi Fitness

Fungsi *Fitness* disini dicari yang nilainya *coverage area*-nya paling besar diantara individu dalam sejumlah populasi yang telah dibangkitkan. Pada perhitungan nilai *fitness*, setelah diperoleh kromosom, dilakukan perhitungan jarak antara *node sensor* ke *master node* berdasarkan jarak jangkauan maksimum pengiriman data.

$$\text{Fitness function} = \frac{\text{daerah coverage area sensor}}{\text{Luas daerah yang diamati}} \times 100\%$$

Coverage area terbesar lah yang nantinya dijadikan sebagai fungsi *Fitness* maksimum yang dicari.

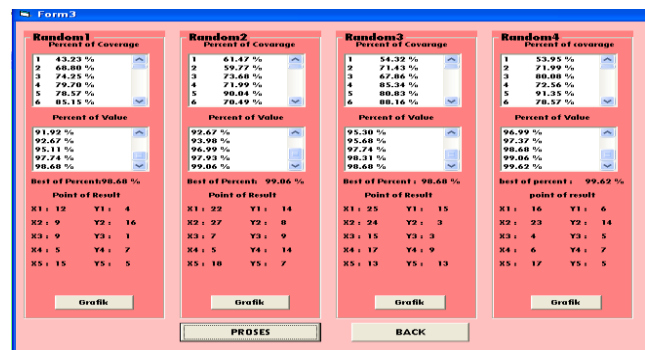
4.2.3 Coverage Area

Perhitungan *coverage area* bertujuan untuk mengetahui apakah hasil mutasi telah mencapai nilai yang optimal atau belum. Dalam menghitung *coverage area*

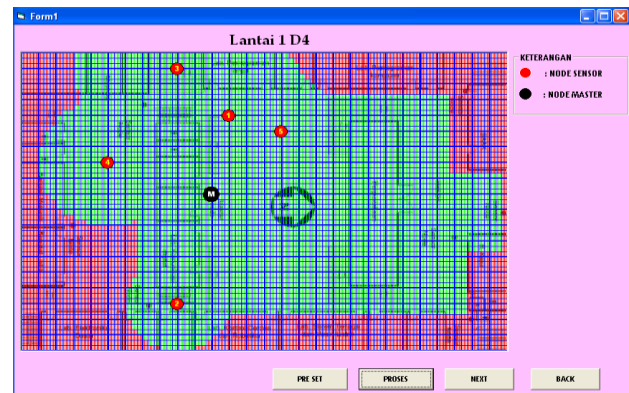
area terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan yakni :

1. Proses mutasi akan dihentikan apabila telah mencapai *coverage area* maksimum yaitu sebesar 100 %.
2. Jika tidak mencapai 100 %, maka proses mutasi dihentikan jika *coverage area* tidak mengalami perubahan dalam beberapa kali perulangan mutasi.

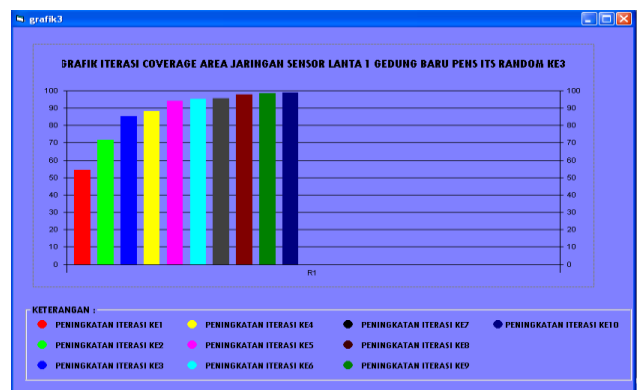
Coverage area yang dipilih sebagai *coverage area* akhir adalah nilainya paling tinggi selama proses mutasi berlangsung



Gambar 9. Pembangkitan Random Kromosom pada Pemodelan di Lantai 1 gedung baru PENS ITS



Gambar 10. Coverage Area di lantai 1 gedung baru PENS ITS setelah pemodelan



Gambar 8. Grafik Coverage Area Pembangkitan Random ke

4.2 Hasil Simulasi Dan Analisa

Tabel 2. Hasil simulasi Pemodelan Jaringan sensor dengan algoritma genetika

Pembangkitan random ke	Posisi node sensor		Kenaikan iterasi ke-	Coverage area		
1	Node1	(12,4)	1	43,23%		
			2	68,80%		
			3	74,25%		
	Node2	(9,16)	4	79,70%		
			6	85,15%		
			9	90,60%		
	Node3	(9,1)	14	91,54%		
			20	91,92%		
			26	92,67%		
	Node4	(5,7)	31	95,11%		
35			97,74%			
44			98,68%			
2	Node1	(22,1)	1	61.47%		
			3	73.68%		
			5	90.04%		
	Node2	(27,8)	9	92.29%		
			13	92.67%		
			19	93.98%		
	Node4	(5,14)	27	96.99%		
			31	97.93%		
			38	99.06%		
	3	Node1	(25,1)	1	54.32%	
2				71.43%		
4				85.34%		
Node2		(24,3)	6	88.16%		
			9	94.17%		
			14	95.3%		
Node3		(15,3)	19	95.68%		
			24	97.74%		
			37	98.31%		
Node5		(13,3)	48	98.68%		
	4		Node1	(16,6)	1	53.95%
					2	71.99%
3		80.08%				
Node2		(23,1)	5	91.35%		
			12	94.55%		
			18	96.99%		
Node3		(4,5)	23	97.37%		
			27	98.68%		
			35	99.06%		
Node4		(6,7)	45	99.62%		
	Node5		(17,5)			
Node1	(12,4)					
Node2	(9,16)					
Node3	(9,1)					
Node4	(5,7)					
Node5	(15,5)					

Dari data pada tabel 2 diketahui bahwa hasil pemodelan jaringan sensor di lantai 1 gedung baru PENS ITS menggunakan Algoritma Genetika dengan pembangkitan random kromosom sebanyak 4 kali. Pada random pertama diperoleh *coverage area* sebesar 98,68% dengan kenaikan iterasi sebanyak 12 kali, dan menghasilkan kromosom terbaik atau posisi node sensor yang baru. Dari pembangkitan random kromosom sebanyak 4 kali tersebut didapat *coverage area* tertinggi pada pembangkitan random yang terakhir atau ke-4 yaitu 99,62%.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa hasil pemodelan jaringan sensor di PENS-ITS dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan pemodelan jaringan sensor di lantai 1 gedung baru PENS ITS menggunakan algoritma genetika diperoleh *coverage area* sebesar 99,62%.
2. Berdasarkan dari hasil pemodelan jaringan sensor sebagaimana yang dituliskan pada point pertama dapat disimpulkan bahwa semakin besar jarak maksimum antara node sensor dengan master node maka semakin besar nilai *coverage area* yang diperoleh.
3. Berdasarkan hasil pengukuran dapat diketahui bahwa pengiriman data oleh node sensor (Tx) ke master node (Rx) tidak dipengaruhi oleh *constraint*.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hasan Shahab, Sony Sumaryo, Ir. MT, dan Uke Kurniawan Usman, *Analisa performansi Mac berbasis protocol CSMA/CA pada mobile sensor network*, snyry@yahoo.com
- [2] C.-F. Chiasserini and M. Garetto, *Modeling the performance of wireless sensor network*, IEEE INFOCOM, Italia, 2004
- [3] Goldberg, D.E., *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*, Addison Wesley, Read. MA, 1989.
- [4] F. Akyildiz et al, *A survey on sensor network*, IEEE Comm.Mag, Aug 2002.
- [5] *XBee-PRO 802.15.4 (Formerly Series 1) OEM RF modules*, <http://www.digi.com>
- [6] Basuki Ahmad, *Algoritma genetika suatu alternative penyelesaian masalah searching, optimasi dan maching learning*, PENS ITS Surabaya, 2003
- [7] Kusumadewi, Sri, *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Graha Ilmu, Yogyakarta, 2003.